

リサイクル堆肥がスイートコーンの生育に及ぼす影響

梁川 正¹⁾・齋藤 庸爾¹⁾

Effects of an Organic Recycling System Producing Compost on Growth and Development of Sweet Corn

Tadashi YANAGAWA and Yoji SAITO

抄 録：京都教育大学附属環境教育実践センターに設置された環境教育有機物リサイクルシステムを活用した食の循環に関する実践の内容と意義を示すとともに、このシステムによって生産されたりサイクル堆肥を施用した圃場でスイートコーンを栽培して、その生育に及ぼす影響について検討した。その結果、このリサイクル堆肥は有機物堆肥として利用可能であることがわかった。

キーワード：環境教育有機物リサイクルシステム，リサイクル堆肥，スイートコーン

生ゴミは水分量が多いため焼却処分の際に補助燃料が必要であり、地球環境に大きな負荷をかけるものである。その問題を解決する方法の一つに、生ゴミを燃やさずに堆肥などの形で土壌に還元する方法が考えられている。ゴミを燃やさずに堆肥化することは、CO₂の削減につながるだけでなく、補助燃料の削減にもつながる。加えて、生ゴミの持つエネルギーを大気に放出することがなく利用できる。生ゴミを堆肥化し、エネルギー循環型の植物栽培を実践することは、地球に優しい実践であるといえる。

本学の環境教育実践センターには、学生寮食堂から生じる生ゴミ、栽培した植物の残渣、剪定した枝の粉碎物などの有機物を発酵槽における微生物によって分解して堆肥化する環境教育有機物リサイクルシステム（以下、リサイクルシステム）が平成 17 年 3 月から稼働している。このリサイクルシステムでは、生ゴミなどの有機物を発酵槽に投入すると、48 時間でそれらを堆肥（以下、リサイクル堆肥）にすることができる。さらに、このシステムではこのリサイクル堆肥をペレット作製機で粒状化させて乾燥して、ペレット状リサイクル堆肥をつくることができる。

ここでは、このリサイクルシステムの内容や意義を述べるとともに、リサイクル堆肥を施用した圃場にスイートコーンを栽培して、リサイクル堆肥がスイートコーンの生育にどのような影響を及ぼすかを検討した。

1) 京都教育大学

1. 環境教育有機物リサイクルシステムと食の循環の実践

この環境教育有機物リサイクルシステムは平成 16 年度の概算要求によって設置されたもので、上述の発酵槽（第 1 図）とペレット作製機、乾燥機などから構成されている。食堂の生ゴミや栽培した野菜の残渣、除草した雑草、剪定した枝、地域の家庭の食材生ゴミ、地域のホテルの野菜や果物の調理くずなど、毎日約 70kg を発酵槽に投入して、その中の微生物によって分解を促して、リサイクル堆肥を作製している。リサイクル堆肥の特徴は、未発酵の有機物がやや残り非常に柔らかいこと、保存中も分解が継続すること、独特の臭いがあることがあげられる（第 2 図）。作製されたりサイクル堆肥は篩にかけて未発酵の有機物の大きな固まりや繊維を除いた（第 3 図）後、水分を与えて湿らせて攪拌してからペレット作製機に入れてリサイクル堆肥のペレットをつくり（第 4 図）、それを直ちに乾燥機に入れて約 30 分乾燥させて（第 5 図）、ペレット状リサイクル堆肥を作製している（第 6 図）。このペレット状リサイクル堆肥はリサイクル堆肥を乾燥させることで臭いが軽減するという点、粒状化させることで取り扱いが容易であるという点が有効な特徴である。

これらのリサイクル堆肥およびペレット状リサイクル堆肥を環境教育実践センターの栽培学習園の圃場に施用して野菜などを栽培している。このことは、食するために利用した植物の残渣をリサイクルシステムに投入してリサイクル堆肥を作製し、その堆肥を圃場に施用してそこで野菜などの食べ物を栽培するという「食の循環」を実践することを意味し、本学の学生や公開講座などの受講生、附属学校園や地域の学校園、保育園などの生徒や園児、保護者などに対して、こうした「食の循環」の教育を実地に推進して、その大切さを啓蒙している。



第 1 図 環境教育有機物リサイクルシステムの発酵槽
(青い容器にリサイクル堆肥が作製されて出てくる)



第2図 作製されたリサイクル堆肥



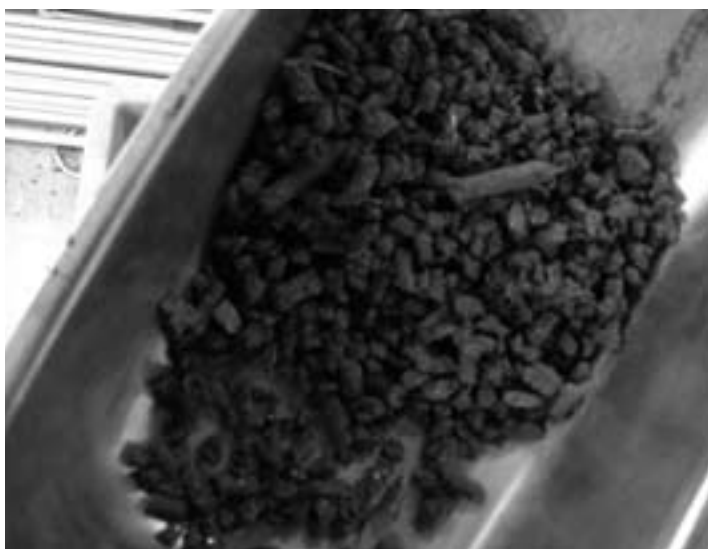
第3図 リサイクル堆肥の篩い作業



第 4 図 リサイクルシステムにおける攪拌機，ペレット作製機の作業



第 5 図 乾燥機での作業



第6図 作製されたペレット状リサイクル堆肥

2. リサイクル堆肥およびペレット状リサイクル堆肥の成分分析

実験に用いたリサイクル堆肥およびペレット状リサイクル堆肥について、Culturyzer-miniのSensorCard 201,202（テクノメディカ社）を使用して、成分分析を行った。それぞれ試料1gを電子天秤で量り、蒸留水に溶かした。全量で50mlとなるようにし、十分に懸濁した後、それらの溶液の上澄み液を用いて測定した。測定項目はpH、EC、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 H_2PO_4^- 、 K^+ 、 Ca^+ 、 Mg^+ で3回ずつ測定した。

分析結果を第1表に示した。表中のN、Pは今回測定した成分に含まれるN、P量を単体として扱った場合の成分量を表したものである。どちらの堆肥も成分量に大きな差はみられなかった。共通の特徴として、P、K成分に比べるとN成分が少なかった。ECはリサイクル堆肥で1.8、ペレット状リサイクル堆肥で1.3であった。pHはどちらも中性で、各成分量を比較すると H_2PO_4^- がリサイクル堆肥で多かった。

この結果をもとに、その後の実験におけるリサイクル堆肥、ペレット状リサイクル堆肥の施用量を決定した。リサイクル堆肥の原料となる生ゴミや残渣などの種類の違いによってリサイクル堆肥の成分は変化すると考えられるが、全てのリサイクル堆肥を分析することが困難であるため、本研究ではこの結果を一つの指標とした。

第 1 表 リサイクル堆肥およびペレット状リサイクル堆肥の成分分析結果

測定項目	リサイクル堆肥	ペレット状リサイクル堆肥
pH	7.0	6.7
EC (mS/cm)	1.8	1.3
NO ₃ ⁻ (mg)	1.6	2.0
NH ₄ ⁺ (mg)	4.4	3.9
H ₂ PO ₄ ⁻ (mg)	23.6	17.6
K ⁺ (mg)	11.5	12.7
N (mg)	3.8	3.7
P (mg)	7.1	5.6
Ca ²⁺ (mg)	0.02	0.03
Mg ²⁺ (mg)	1.0	0.8

(1 g 当たりの各成分量)

EC の違いから、ペレット状リサイクル堆肥では、乾燥によりいくつかの成分が揮発したものと推測できる。この場合、とくに、リン酸成分の揮発が疑われるが、原料となる生ゴミや残渣などの違いによるものとも考えることができる。共通の特徴として P、K 成分に比べて N 成分が少なかった。これは有機物を分解する際に、N 成分が分解者である微生物の体内に取り込まれるためと考えられる。

リサイクル堆肥は有機物由来であるため、イオンの形態の肥料成分はそれほど多くなかった。そして、まだ分解されずに、分子量の大きい有機物の状態で残っているものが多いと推測された。これにより、リサイクル堆肥は数字で出てくる肥料成分のほかに土壌の団粒構造の構築や土壌生物性の充実など、有機物堆肥の特徴の一つである土壌改良資材としての側面を大いに持ち合わせているものと考えられる。また、pH は中性であることから、一般的な土壌に施肥する場合に極端な土壌の酸性化やアルカリ性を引き起こすことはないものと考えられる。

3. スイートコーンの生育に及ぼすリサイクル堆肥施用の影響

1) 実験区の設定

①あらかじめ鶏ふん (N/P/K=1.5/1.5/1) を 1a あたり 60kg 施用し、トラクターで耕うんしておいた本学環境教育実践センターの圃場に、さらに、播種前にリサイクル堆肥、ペレット状リサイクル堆肥、化学肥料を施用してそれぞれ土と攪拌しておいた。

②成分分析の結果から、N 量で 1a あたり 2.4kg (標準的な N 施用量) となるようにリサイクル堆肥、ペレット状リサイクル堆肥の施用量を決定した。施肥量は 1 区 1.3m × 3m ≒ 3.9m² 当たりリサイクル堆肥：15.3kg、ペレット状リサイクル堆肥：15.9kg とした。必要な全 N 量は 93.6g、そのうち鶏ふんで 35.1g を施用するので残りは 58.5g である。(リサイクル堆肥の場合、 $58.5\text{g} \div 0.00383 = 15274.151 \div 15.3\text{kg}$ 、ペレット状リサイクル堆肥の場合、 $58.5\text{g} \div 0.00368$

$= 15896.739 \div 1000 = 15.9\text{kg}$ 。

実験区はA・B群のリサイクル堆肥を施用した区と、慣行区として化学肥料を施用した区の7区を設定した（第2表）。

使用した化学肥料は、硫安（21%・住友化学）、過磷酸（17.5%・多木化学）、塩化加里（60%・三菱商事）で施肥量は、N:2.4kg/a, P :2.0kg/a, K :2.4kg/aとした。

③品種は「おひさまコーン」を使用した。畦幅1.3mの実験区に、2006年4月27日に二条にして株間30cmで2粒ずつタネを播き、覆土は3～5cmとした。各区とも合計40粒をまき、各区の間には40cmの間隔をあけた。

2) 生育調査

調査項目は発芽数、草丈、展開葉数、雄花出現時期、絹糸出現時期、収穫時の果実の重さ、長さ、幅とした。5月15日に発芽数を調査し、同一箇所から2個体が発芽している箇所には生育の良い方を残して、各箇所につき1個体になるように調整した。草丈、展開葉数は6月7日までは全個体を対象に、6月19日以降は無作為に選出した5個体を調査対象とした。雄花出現時期および絹糸出現時期については全個体を調査対象とした。収穫時の果実については鳥害、虫害のないものを対象とした。栽培期間を通して、本実験では無農薬栽培とした。

第2表 設定した実験区

実験区			肥料の施用方法
A 群	リ サ イ ク ル 堆 肥	A 1	施用量のすべてを播種時に施用
		A 2	基肥として鶏ふんと合わせて全 N 量の 60% 施用，残りを 6 月 7 日に 1 回追肥
		A 3	基肥として鶏ふんと合わせて全 N 量の 60% 施用，残りを 6 月 7 日と 6 月 19 日の 2 回に分けて追肥
B 群	ペ レ ッ ト 状 リ サ イ ク ル 堆 肥	B 1	施用量のすべてを播種時に施用
		B 2	基肥として鶏ふんと合わせて全 N 量の 60% 施用，残りを 6 月 7 日に 1 回追肥
		B 3	基肥として鶏ふんと合わせて全 N 量の 60% 施用，残りを 6 月 7 日と 6 月 19 日の 2 回に分けて追肥
慣行区			化学肥料を施用

3) 実験結果

スイートコーンを栽培開始して播種後18日目の5月15日における発芽数と発芽率を第3表に示した。リサイクル堆肥を施用したA群については、播種時の施肥量が多いA 1区で発芽率が32.5%であった。A 2, A 3区では発芽率が75.0%, 80.0%を示し、化学肥料を施用した慣

行区と同等および同等以上の結果となった。ペレット状リサイクル堆肥を施用した B 群については、5 月 15 日の調査ではどの区も慣行区よりも発芽数が少なかった。A1 区と同様に、播種時に全量を施肥した B1 区で発芽率は 45.0% であった。B2, B3 区ではどちらも同じ量を施肥したにも関わらず、37.5%, 60.0% と発芽率に大きな差が認められた。発芽数を調べた後、上述のように同一箇所から 2 個体が発芽している箇所はそれぞれ 1 個体となるように調整した。その結果、各区の個体数は A 1 区：13 個体、A 2 区：20 個体、A 3 区：20 個体、B 1 区：18 個体、B 2 区：15 個体、B 3 区：20 個体、慣行区：20 個体となった。

各区の成長した株の平均草丈は、5 月では慣行区がやや大きい傾向にあったが、6 月以降は各区順調に生長した。B 1 区の草丈がやや低かったものの、B 1 区を除く、他のリサイクル堆肥施用区、ペレット状リサイクル堆肥施用区では慣行区よりも大きく生長した（第 4 表）。各区の展開葉数の状況についても草丈とほぼ同様であった。草丈・展開葉数について、慣行区に各区が追いついた 6 月以降に、A 群、B 群を比較すると、A 群の方が成熟が早かった。どちらの群でも追肥の回数を増やした区で雄花の出現が早かった。やや遅れ気味であった B 1 区も最終的には雄花が開き、全ての区で花粉の飛散がみられた。

各区における絹糸出現個体数はここでも慣行区が早い傾向がみられた。絹糸の出現時期について、A 群、B 群を比較すると A 群の方が絹糸の出現が早くみられた。どちらの群も追肥の回数を増やした区で絹糸の出現が早かった。最終的には枯死したものを除き、全実験区の全個体で絹糸の出現がみられ、果実を实らせた。

7 月 18 日に収穫した果実の重さ、長さ、幅について調べた結果、全ての項目で、A 3 > B 3 > 慣行 > B 2 > A 2 > A 1 > B 1 の順で値が大きかった。追肥の回数を増やした区の方が大きい結果となった。追肥の回数が同じ慣行区、A 2 区、B 2 区を比較すると、慣行区の方がわずかに大きい傾向にあった（第 5 表）。調査項目として設定していないが、色や粒の大きさ、そろい具合、味に関してはどの区も良好であった。

第 3 表 各実験区の発芽数と発芽率

実験区	発芽数	発芽率 (%)
A 1	13	32.5
A 2	30	75.0
A 3	32	80.0
B 1	18	45.0
B 2	15	37.5
B 3	24	60.0
慣行区	30	75.0

第4表 各実験区における調査株の平均草丈

実験区	5月15日	5月25日	6月7日	6月19日	6月28日	7月9日
A1	3.4 ± 2.4 (13)	17.4 ± 5.9 (11)	45.8 ± 6.3 (11)	122.7 ± 10 (5)	167.9 ± 9.4 (5)	186.0 ± 10.6 (5)
A2	5.0 ± 2.5 (30)	21.9 ± 6.9 (20)	50.0 ± 10.9 (20)	147.3 ± 2.3 (5)	179.7 ± 11.4 (5)	190.4 ± 14.2 (5)
A3	5.5 ± 3.3 (32)	24.5 ± 6.6 (20)	51.2 ± 7.3 (20)	144.6 ± 7.7 (5)	170.5 ± 8.1 (5)	173.4 ± 8.6 (5)
B1	2.0 ± 1.8 (18)	14.9 ± 6.5 (15)	37.2 ± 9.1 (15)	106.3 ± 20.7 (5)	140.6 ± 14.1 (5)	147.9 ± 8.6 (5)
B2	4.1 ± 3.1 (15)	15.0 ± 5.9 (15)	39.4 ± 11.3 (15)	132.7 ± 7.9 (5)	168.1 ± 13 (5)	178.5 ± 5.4 (5)
B3	3.3 ± 2.4 (24)	18.6 ± 6.5 (15)	46.6 ± 9.1 (15)	128.9 ± 15.7 (5)	171.1 ± 21.9 (5)	180.8 ± 14.1 (5)
慣行区	11.1 ± 6.3 (30)	29.5 ± 7.1 (19)	51.5 ± 7.9 (19)	133.2 ± 7.0 (5)	158.7 ± 10.3 (5)	154.5 ± 14.4 (5)

数値は平均草丈 cm ± 標準偏差 (調査株数), 5月15日株数を調整し, その後の調査株数の変化は虫害等による枯死の結果, 6月19日以降は各区無作為に選出した5個体を調査対照株とした。

第5表 収穫したトウモロコシ果実

実験区	調査数	重さ (g)	長さ (cm)	幅 (mm)
A1	8	240.0 ± 69.8	23.1 ± 1.5	45.3 ± 6.4
A2	13	263.5 ± 50.5	21.8 ± 1.5	48.4 ± 4.5
A3	9	306.1 ± 55.8	22.6 ± 1.8	52.4 ± 4.5
B1	8	192.5 ± 83.5	21.6 ± 2.0	41.5 ± 7.5
B2	12	275.0 ± 63.2	23.4 ± 1.0	48.4 ± 3.9
B3	12	300.8 ± 53.4	23.6 ± 1.1	50.5 ± 5.6
慣行区	11	288.5 ± 48.2	23.4 ± 1.2	50.3 ± 3.6

値は平均値 ± 標準偏差

4) 考察

今回使用したリサイクル堆肥およびペレット状リサイクル堆肥には有機物が多く含まれているので, 土壌のち密化による障害は認められないと考えられる。施肥位置と種子が近すぎるまたは接触している場合に肥料やけがおり, 不発芽, 発芽遅延が認められた。この肥料やけは播種直後から幼苗期までに発生し, 著しい場合には伸長の遅延にまで症状が進行した。本実験では播種時に多量の堆肥を施用したために, 鋤での攪拌が不十分であった可能性がある。リサイクル堆肥の量が多いためにその堆肥に種子が直接触れたり, 近すぎたりしたケースがあった

と考えられる。リサイクル堆肥の方がペレット状リサイクル堆肥よりも攪拌が容易で土と混ざりやすい結果、リサイクル堆肥施用区では、播種時に大量を施用した A 1 区とそれより少ない量を施用した A 2 区、A 3 区との間に差がみられたと考えられる。ペレット状リサイクル堆肥は乾燥粒状化しているために攪拌が難しく、土と混ざりにくいので、偏りが生じ、B 1 区と B 2 区、B 3 区との間に生育に差がみられなかったと考えられる。リサイクル堆肥は有機物の分解が継続している状態で、微生物が活着しているため、分解する熱が発生し、適温以上に地温が上昇して発芽を阻害したかもしれない。そして、その際、ペレット状リサイクル堆肥とリサイクル堆肥では分解の速度の違いがあったのではないかと推測される。今後は、N 成分を化学肥料で補い全体のリサイクル堆肥の施用量を減らす方法とトラクターなどでより均等に土とよく混ぜるように攪拌をするか、施用後に時間をおいて土壌とリサイクル堆肥をよく馴染ませてから播種する方法によって改善できるものと考えられる。

慣行区に比べ、リサイクル堆肥の方が草丈は大きかった。ペレット状リサイクル堆肥でも、B 1 区を除いて草丈は大きかった。B 1 区以外では慣行区を大きく上回ったことから、リサイクル堆肥とペレット状リサイクル堆肥は、地力窒素量が多いために草丈を伸長させる効果があったものと推測される。リサイクル堆肥を施用した土壌中のイオン態の肥料成分が吸収、消失した後も、土壌生物などによって徐々に分解されることで肥料成分が植物に供給されたのかもしれない。

リサイクル堆肥を施用した A 群、B 群に共通の特徴として、追肥の回数が多い区ほど、雄花の出現、成熟、絹糸出現が早い傾向にあったが、これは追肥によりすぐに利用できる形の肥料成分が供給されたことが効果的であったと考えられる。雄花出現時期、絹糸出現時期ともに慣行区が先行したことについては、この 2 項目を調査した 6 月中旬以前の段階では慣行区の草丈が大きいことから、雄花および絹糸の出現がみられる以前の生育が影響したのではないかと推測できる。

追肥の回数を増やした区の果実が大きいことについては、同じトータルの N 量を施肥したのだが、分けて施肥したことにより、肥料成分が結実中の株に効果的に作用したのと考えられる。B 1 区の果実の平均値がいずれも小さいのは標準偏差の値が高いことからわかるように、個体のばらつきが大きいと考えられる。このばらつきは発芽時期からの生育の差が影響しているものと考えられる。最後に、本研究では無農薬栽培を実践したため、農薬の散布は行わなかった。そのため調査株数が実験途中でかなり減少したこともデータにばらつきを与えることになった。

有機野菜と慣行栽培野菜の品質を比較した結果、有機野菜の方が乾物率が高い傾向にあるが、他の栄養成分や官能検査結果には一定の傾向が認められない (Woese ら 1997)、有機野菜の品質が優位とする事例はあるが、品質に差がないとする報告が多い (目黒 1998)、味や物性については有機野菜が優れる傾向にあるが、成分濃度の差は明確ではない (堀田 1999) など、有機野菜の品質の良否については様々な報告がみられる。有機物施用が野菜の生長や品質に影響する作用機構は様々で、窒素肥効および土壌の物理性向上が代表的なものと考えられているが、他にもいくつかの可能性が示唆されている。例えば、西尾 (1997) は有機物の肥効特性は緩効性であるため、作物が低窒素条件におかれることで糖の蓄積を誘発するとともに、それが貯蔵

性の向上につながると報告している。また、油かすおよびバーク堆肥の施用が野菜の外観品質、生理障害、成分濃度、日持ち性に及ぼす影響を検討したところ、施肥効果の大部分は窒素の緩効性であるという報告（浅野，1982）もある。しかし、ほとんどの研究例では、有機物の施用の目的が土壌改良資材としての面を期待するのか、有機質的な肥料としての面を期待しているのか、その有機物がどのようなものであるのか、有機物特有の作用であるのかなど、有機物堆肥の施用効果についてはまだ検討の途中であると藤原（2006）は述べている。以上のように、有機物の施用についてはさらに研究を進めることが必要であるが、本研究において用いたリサイクル堆肥は有機物の堆肥としてある程度の効果を認めたので、有機物堆肥として効果ある施用方法について、今後、いろいろな植物の栽培を行って、さらに検討していきたい。

引用文献

- Woese, K., D. Lange, C. Boess and K. W. Bogl (1997) A comparison of organically and conventionally grown foods – results of a review of the relevant literature. *J.Sci. Food. Agric.* 74:281-293.
- 目黒孝司（1998）有機野菜の品質と評価. 農林水産技術研究ジャーナル 21:30-34.
- 堀田 博（1999）有機栽培と慣行栽培農産物の品質上の差異. 食科工. 46:428-435.
- 西尾道德（1997）有機野菜の利点を生かす技術ポイント. 養水分ストレスの活用. pp. 194-208. 有機栽培の基礎知識. 農文協. 東京.
- 浅野次郎（1982）野菜の品質に及ぼす有機物の影響. 農業および園芸 57:1399-1404.
- 藤原孝之（2006）有機野菜の品質評価研究の課題と展望. 園芸学研究 5（1）:1-5.

